Münster 1937 K 95 Med Diss

Aus dem Pharmakologischen Institut
der Westfälischen Wilhelms-Universität zu Münster i. Westf.

Über den Einfluß der Wasserstoffionenkonzentration auf die Verzuckerung der Stärke durch diastatische Fermente

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde einer Hohen Medizinischen Fakultät der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster / Westf.

vorgelegt von

Paul Kaiser (Zahnarzt)

aus Hagen / Westf.

1936

Gedruckt in der Buchdruckerei Franz Grube, Werne a. d. Lippe.

Dekan: Professor Dr. med. K. W. Jötten

Referent: Privatdozent Dr. med. et phil. W. Haarmann

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster (Westf.)

Meinem Vater in Liebe und Verehrung!

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547211_0049

Die älteren Arbeiten über den Einfluß von Basen und Säuren auf die Wirkung von diastatischen Fermenten widersprechen sich in ihren Befunden. Da aus der Zeit vor Sörensen und Michaelis keine genauen Bestimmungsmethoden für die optimale Wasserstoffionenkonzentration der Diastasewirkung bestanden, erübrigt es sich, auch diese älteren Arbeiten wiederzugeben, da sie nur noch historisches Interesse haben. Erwähnt sei nur, daß schon frühzeitig festgestellt wurde, daß die Malz- und auch die tierische Diastase am besten bei schwach saurer Reaktion wirken, ferner, daß bereits schon verhältnismäßig geringe Säuremengen wieder hemmen oder die Amylasen zerstören. Gleichfalls wurde frühzeitig der außerordentlich schädigende Einfluß von Alkali gefunden. Genauere moderne Bestimmungen der optimalen Wasserstoffionenkonzentration haben Unterschiede zwischen den einzelnen Amylasen ergeben, die für eine Verschiedenheit der einzelnen Diastasen sprechen, was an sich auch anzunehmen ist. Pflanzliche Diastasen, wie z. B. die Malzdiastase, bauen am besten die Stärke bei ziemlich saurer Reaktion ab, die Diastasen der Bakterien und Tiere aber bei fast neutraler Reaktion. Diese Optima der Reaktion sind aber nur scheinbar und durch Begleitstoffe hervorgerufen. Die Begleitstoffe können bei dem eigentlichen optimalen ph stark hemmen, sodaß die beobachtete stärkste Wirkung bei anderem ph, bei dem die Hemmung schwächer ist, auftritt. Die ersten Berechnungen des optimalen Säuregrades gehen auf Sörensen [1]) zurück, er ermittelte sie auf Grund von Zahlen von Farnbach und Wolf [2]) an der Malzamylase. Sörensen berechnete den optimalen ph für die Malzamylase mit 4—5. Spätere genauere Untersuchungen ergaben, daß die Verzuckerung und Verflüssigung der Stärke ihr Optimum nicht genau bei demselben ph haben. Das Optimum für die Stärkeverzuckerung liegt nach Sherman und Schlesinger [3]) bei ph = 4,4, nach Adler [4])

[1]) Sörensen: Ascher Spiro Ergebn. 1912, S. 486.
[2]) Farnbach u. Wolf: Compt. rend. 143, 380, 1906.
[3]) Sherman u. Schlesinger: Amer. Journ. of Chem. Soc. 37, 623, 643, 1305, (1915).
[4]) Adler: Biochem. Z. 77, 146, 1916.

und Luers und Wasmund[5]) bei ph = 4,9 bei einer optimalen Zone von 4,6 — 5,2. Windisch[6]) stellte für die Dextrinase (Verschwinden der Jodreaktion) eine Zone von 3,9—4,7 und für die Stärkeverflüssigung 5,2 fest, Chrzaszcz[7]) für die Dextrinase 4,6—5,2, bei ph = 2,1 und 8,1 ist nach Luers und Mitarbeitern die diastatische Kraft der Malzdiastase verschwunden. Adler und Windisch finden also im Gegensatz zu Sherman dasselbe Optimum für die Dextrin- und Zuckerbildung. Auch für die Amylasen von Blättern bestehen nach Sjöberg[8]) für die beiden Funktionen der Diastase, Dextrinbildung und Zuckerbildung, keine wesentlichen Unterschiede des Reaktionsoptimums, das nach ihm bei ph = 5,2—5,4 liegt. Das Optimum für die Stärkeverflüssigung ist breiter, es bewegt sich zwischen ph = 4—6.

Im Gegensatz zu den pflanzlichen Amylasen besitzen die tierischen Amylasen ein erheblich weniger saures Optimum, nach dem Neutralpunkt hin. Ringer und van Trigt[9]) fanden bei Benutzung von Citratgemisch als Puffer ein anderes Reaktionsoptimum für Ptyalin als bei Phosphat — und Acetatgemischen, und zwar lag das Optimum mit Citratpuffer bei mehr alkalischer Reaktion. Die Verschiebung im Alkalischen war umso stärker, je höher die Konzentration des Citratpuffers war. Der gebildete Zucker wurde von den Autoren nach Bertrand bestimmt. Michaelis und Pechstein[10]) untersuchten unter Berücksichtigung der Reaktion des Gemisches den Einfluß von Neutralsalzen auf Ptyalin. Das Ergebnis war, daß die verschiedenen Salze mit dem Ferment komplexe Verbindungen bilden, für deren Natur vor allem das Anion, fast garnicht das Kation des Salzes maßgebend sei. Diese Verbindungen seien allein wirksam, während das salzfreie Ferment völlig wirkungslos sei. Diese Komplexe mit den verschiedenen Salzen haben verschiedene Reaktionsoptima und zwar: Phosphat, Acetat, Sulfat ph = 6,1—6,2, Chlorid und Bromid ph = 6,7, Nitrat ph = 6,9. Hahn und Mitarbeiter[11]) fanden den optimalen ph für Speicheldiastase in Phosphatpuffer 6,4—6,5, in Acetatpuffer ph = 5,6, für Malzdiastase in Acetatpuffer 4,7, für die Pankreasdiastase in Phosphatpuffer ph = 7,1 und in Acetatpuffer ph = 5,5. Durch Salze

[5]) Luers u. Wasmund: Ferm. Forsch. 5, 169.
[6]) Windisch: Chem, Zentralbl. 1923, II, S. 46, IV, S. 255
[7]) Chrzaszcz: Biochem. Z. 150, 60, 1924.
[8]) Sjöberg: Biochem. Z. 133, 218, 294, 1923.
[9]) Ringer u. van Trigt: Z. f. physiol. Chem. 82, 484, 1912.
[10]) Michaelis u. Pechstein: Biochem. Zeitschr. 59, 77, 1914.
[11]) Hahn u. Harpuder: Z. f. Biol. 71, 287, 1920; Hahn u. Michalik: ebenda 73, 10, 1921.

wird dieses Optimum verschoben, was die Folge der kombinierten Salz-Pufferwirkung ist. Für die Pankreasamylase liegen genaue Bestimmungen des Wirkungsoptimums von Sherman, Thomas und Baldwin[12]) vor. Die Messungen wurden unter Zusatz von Natriumchlorid mit Phosphatpuffer ausgeführt und ergaben einen optimalen Säuregrad zwischen ph = 6,7—7,0. Wilstätter und Mitarbeiter[13]) fanden die gleiche Reaktion mit und ohne Zusatz von Natriumchlorid optimal. Dieser Säuregrad entspricht etwa dem des Speichels (ca. ph = 6,9). Es sei hier angeführt, daß Michaelis und Hahn die Wohlgemuth'sche Jodfärbemethode[14]), die das Ende der Dextrinbildung anzeigt, benutzen, Wilstätter[13]) aber die gebildete Maltose mit Hypojodit ermittelt. Praktisch brauchbar für exakte Forschung ist nur die Bestimmung der Maltose, des Endproduktes der Amylasewirkung, nicht aber die viel angewandte Wohlgemuth'sche Methode, die nur Schätzungen zuläßt und zu Widersprüchen mit den zuverlässigen Bestimmungsmethoden führt, die auf der Reduktionswirkung der abgebauten Stärke beruhen.

Wie aus Vorstehendem hervorgeht, stimmen die Ergebnisse der einzelnen Autoren bezüglich des Reaktionsoptimums der diastatischen Fermente durchaus nicht überein. Das trifft besonders für verschiedene Puffer zu, wie z. B. Phosphat- und Acetatpuffer, indem die verschiedenen Aktivatorwirkungen den optimalen Säuregrad dadurch verschieben, daß die Aktivatoren bei verschiedenem Säuregrad maximal wirken.

Bis zum Erscheinen der grundlegenden Arbeit von K. Myrbäck[15]) wurde ganz allgemein genommen, daß die tierischen Diastasen nur bei Anwesenheit von Salzen wirksam seien. Wie Myrbäck zeigen konnte, beruhte diese Anschauung auf Versuchsfehlern der Voruntersucher, wenn auch die Ergebnisse einwandfrei sind. Dialysierte Lösungen der Speichel- und Pankreasdiastase bauen lösliche Stärke (Merck) nicht ab, weil die undialysierte Stärkelösung einen Säuregrad von ph = etwa 4,5 aufweist, bei dem die Diastase unwirksam ist. Wird auch die Stärkelösung dialysiert und damit die in der Stärke stets vorhandene Säure weggewaschen, dann zeigt sich, daß dialysierte, salzfreie Diastaselösung bei ihrem ph-Optimum von ph = 6,2

[12]) Sherman, Thomas u. Baldwin: Amer. Journ. of. Chem. Soc. 41, 231, 1918.
[13]) Wilstätter, Waldschmit-Leitz u. Hesse: Z. f. physiol. Chem. 126, 143, 1922.
[14]) Wohlgemuth: Biochem. Z. 9, 1, 1908.
[15]) K. Myrbäck: Z. f. physiol. Chem. 159, 1, 1926.

eine Aktivität aufweist, die etwa 40 % der bei ph = 6,8 maximal durch NaCl-Zusatz erreichbaren Aktivität ausmacht. Die Versuche Myrbäck stimmen in ihren Ergebnissen mit denen Ringer's und van Trigt's überein. Phosphat, Acetat und Sulfat geben keine Eucymverbindungen, wohl aber Chlorid, Bromid, Jodid, Nitrat und Chlorat. Die Salzamylasen haben ein anderes ph-Optimum als die salzfreie Amylase. Es ist in die Nähe des Neutralpunktes (ph 6,7—7,0) verschoben, während Acetat, Sulfat und Phosphat das ph-Optimum der salzfreien Amylase ph = 6,2) nicht verändern. Phosphat und Acetat dienen lediglich als Puffer. Der halbe Stärkeumsatz durch die salzfreie Amylase auf das Wirkungsoptimum von ph = 6,2 bezogen, erfolgt bei ph = 4,9 und 7,0, bei den Salzamylasen aber bei 5,3 und 7,9. Hieraus geht hervor, daß eine Aktivierung der Amylase durch Salze besonders bei alkalischer Reaktion auftritt, da ja die salzfreie Amylase sehr alkaliempfindlich und bereits bei ph = 8,0 unwirksam ist. Alle diese Angaben gelten nur für weitgehend gereinigte, dialysierte Lösungen tierischer Amylasen, nicht aber verdünnte Lösungen gewöhnlichen Speichels und Pankreasextraktes (Pankreatin). Die Versuche mit vollkommen salzfreien Fermentlösungen haben großes theoretisches Interesse. Von praktischer Bedeutung ist nur das Verhalten ungereinigter Vermentlösungen, da wir mit ihnen im Organismus zu tun haben. Es ist zu erwarten, daß wir hier kein scharfes Reaktionsoptimum wie bei den salzfreien Amylasen haben, sondern daß eine ziemlich breite Zone der maximalen Wirkung auftritt.

Es war daher die Aufgabe der vorliegenden Arbeit, die Frage nach dem optimalen Säuregrad von einigen diastatischen Fermenten erneut zu untersuchen. Geprüft wurden folgende Diastasen: 1. Speicheldiastase (Speichel), 2. Pankreasdiastase (Pankreatin Merck), 3. Malzdiastase (absol. Merck). Die Versuchsanordnung ist eingehend bei H a a c k [16]) beschrieben. Die Konzentration der löslichen Stärke betrug 1 %, die Konzentration des Speichels 1:100, die der Pankreasdistase 1:10 000 und der Malzdiastase gleichfalls 1:10 000. Das Gesamtvolumen des Versuchsansatzes betrug 25, die Menge der gebildeten Maltose bezieht sich auf den gesamten Ansatz. Die Puffermischungen wurden nach den Angaben von S ö r e n s e n [17]) hergestellt, der Veronal-Acetatpuffer nach M i c h a e l i s [18]). Die Phosphatpuffer waren 1/75 mol. an Phosphat. Der Natriumacetatveronalpuffer 1/70 mol. in Bezug auf Natriumacetat wie auf Veronalnatrium. Die

[16]) Haack: Inaugural-Dissertation, Münster 1935.
[17]) Sörensen: Ergebn. d. Physiol. 12, 393, 1912.
[18]) Michaelis: Biochem. Z. 234, 139, 1931.

Versuchstemperatur war Zimmertemperatur. Die Kontrollversuche enthielten statt Zusatz von Puffer destilliertes Wasser.

Es wurden 9 Versuchsreihen angesetzt und zwar je drei Reihen mit den Diastasen des Speichels, des Pankreas und des Malzes. Als Suspensionslöung diente einmal Phosphatpufferlösung ohne und mit einem Zusatz von 0,9 % Na Cl, dann Acetat-Veronalpuffer. Der Zusatz von NaCl erfolgte, weil durch Salze das Optimum der Diastasewirkung verschoben wird und bei NaCl-Zusatz und ph = 6,8 der optimale Stärkeabbau bei den tierischen Diastasen erfolgt. Die Wirkung der Salze ist im Prinzip gleich. In alkalischer Lösung haben die Salze, wie von Folsche[19]) eingehend an den Salzen der Hofmeister'schen Anionenreihe untersucht wurde, fördernde Wirkung, in saurer Lösung dagegen mit der Konzentration zunehmende hemmende Wirkung. Dieses Verhalten ist für tierische Diastasen, wie z. B. die Speichel- und Pankreasamylase, charakteristisch. Pflanzliche Diastasen, wie z. B. die Malzdiastase, werden durch Salze in den gleichen Konzentrationen, die die tierischen Diastasen stark in ihrer Wirkung anregen, gehemmt.

Die verschiedenen Säuregrade des Acetat-Veronalpuffers werden durch Zusatz von wechselnden Mengen Salzsäure zu dem Stammpuffer Natriumacetat und Veronalnatrium hergestellt. Bei dieser Umsetzung entsteht neben freier Essigsäure und Diäthylbarbitursäure Natriumchlorid, das seinerseits das wirkliche Reaktionsoptimum zu verschieben imstande ist. Hinzu kommt der Einfluß des Veronals bzw. Veronalnatriums. Als Vorzug des Acetat-Veronalpuffers ist aber zu buchen, daß er einen sehr breiten ph-Bereich umfaßt, der von keinem anderen Puffer erreicht wird.

Versuchsergebnisse.

Tabelle 1. Die Zuckerbildung aus Stärke durch die Speicheldiastase zeigt ein breites Optimum zwischen ph = 5,35—6,70. Die stärkste Verzuckerung findet bei ca. ph = 6,22 statt, in Uebereinstimmung mit Ringer, Michaelis, Hahn und Myrbäck. Von ph = 7,0 tritt eine ständig zunehmende Hemmung auf. Bei ph = 8,0 beträgt die Zuckerbildung nur noch 50 % des ohne Puffer bei neutraler Reaktion gebildeten Zuckers. In stark alkalischer Lösung hört jegliche Diastasewirkung praktisch auf. Die Versuche entsprechen den Ergebnissen Myrbäcks mit salz-

[19]) Folsche: Inaugural-Dissertation, Münster 1935.
Haarmann u. Folsche: Biochem. Z. 283, 312, 1936.

freier Diastase nur zum Teil. Das ph-Optimum liegt auch bei uns bei ph = 6,2. Der halbe Umsatz bei ph = 8,0 entspricht der Salzamylase.

Tabelle 1 Speichel (ohne Kochsalz)

	mg Maltose	% der Kontrolle	mg Maltose	% der Kontrolle
Kontrollversuch	86,4	100	82,8	100
Phosphatpuffer P_H =				
4,53	79,4	92	80,0	97
5,35	82,9	96	82,8	100
5,53	83,5	97	82,8	100
5,65	85,6	99	82,1	99
5,82	84,9	98	83,5	101
5,94	85,6	99	84,1	102
6,10	87,0	101	82,8	100
6,22	86,4	100	86,3	105
6,40	82,9	96	82,8	100
6,53	83,5	97	82,1	99
6,70	79,4	92	80,7	97
6,82	78,7	91	77,4	93
7,00	75,9	88	71,8	87
7,13	71,0	82	69,0	83
7,30	69,0	80	67,0	81
7,46	68,3	79	61,4	74
7,70	61,4	71	56,6	68
7,82	54,5	63	52,5	63
8,00	65,5	53	41,4	50
8,13	34,5	40	33,1	40
8,30	20,0	23	22,1	27
9,50	9,0	11	15,9	19
10,97	6,9	8	6,9	8
11,29	6,2	7	2,1	3
11,54	3,5	4	2,8	3
11,77	3,5	4	1,4	2

Tabelle 2. Durch Kochsalzzusatz wird die optimale Zone der Zuckerbildung erheblich verbreitert. Eine verzögerte Ptyalinwirkung erfolgt erst bei ca. ph = 8,0. Zusatz von Natriumchlorid macht mithin das Ferment gegen alkalische Reaktion widerstandsfähiger. Bei ph = 8,07 z. B. ist die Zuckerbildung noch normal, ohne NaCl dagegen nur ein halb so groß wie in der Kontrolle. Gegen stärkere Alkaligrade schützt NaCl. Bei ph = 9,5 beträgt die Verzuckerung nur noch 1/5.

Tabelle 2 Speichel (mit Kochsalz)

	mg Maltose	% der Kontrolle	mg Maltose	% der Kontrolle
Kontrollversuch	82,8	100	78,0	100
Phosphatpuffer P_H =				
4,53	80,0	97	69,0	88
5,35	79,4	96	71,0	91
5,53	80,0	97	70,4	90
5,65	80,0	97	72,4	93
5,82	79,4	96	74,5	95
5,94	79,4	96	75,2	96
6,10	80,0	97	76,6	98
6,32	80,0	97	75,9	97
6,40	78,6	96	75,9	97
6,53	78,6	96	75,9	97
6,70	78,0	95	74,5	95
6,82	78,6	96	75,2	96
7,00	78,0	95	75,2	96
7,13	78,0	95	74,5	95
7,30	78,0	95	75,2	96
7,46	77,3	94	73,8	95
7,70	79,4	96	73,1	94
7,82	78,6	96	72,4	93
8,00	78,6	96	68,3	88
8,13	78,0	95	67,6	87
8,30	77,3	94	64,8	83
9,50	14,0	17	15,2	19
10,97	8,3	10	2,1	3
11,29	2,8	3	1,4	2
11,54	2,1	3	0,7	1
11,77	1,4	2	1,4	2

Tabelle 3 und 4. Für die Pankreasdiastase gelten dieselben Gesetzmäßigkeiten wie für die Speicheldiastase. Auch hier beobachten wir die gleiche optimale Zone der Verzuckerung bei denselben Säuregraden. Die absolut höchsten Zuckerwerte liegen um den Neutralpunkt herum, sowohl ohne wie mit Kochsalzzusatz, gleichfalls in Uebereinstimmung mit Hahn und Wilstätter für Phosphatpuffer. Selbst bei einem ph = 8,3 ist in Gegenwart von NaCl die diastatische Kraft des Pankreas unverändert stark. Diese Wasserstoffzahl wird nach den Untersuchungen von Auerbach und Pick [20]) für die Reaktion des Duodenalsaftes

[20]) Auerbach u. Pick: Biochem. Zeitschr. 48, 425, 1913.

angegeben. Ohne Salzzusatz würde die Zuckerbildung aus Stärke auf die Hälfte herunter gegangen sein.

Tabelle 3 Pankreatin (ohne Kochsalz)

	mg Maltose	% der Kontrolle	mg Maltose	% der Kontrolle
Kontrollversuch	73,7	100	73,7	100
Phosphatpuffer P_H =				
5,53	69,0	93	66,9	91
5,82	66,9	91	65,5	89
6,10	67,7	92	68,4	93
6,40	68,4	93	69,0	93
6,70	69,0	93	69,0	93
7,00	70,4	95	69,0	93
7,30	69,7	94	66,2	90
7,70	61,4	83	62,0	84
8,00	56,5	77	55,2	75
8,30	41,4	56	40,7	55
9,50	0	0	0	0

Tabelle 4 Pankreatin (mit Kochsalz)

	mg Maltose	% der Kontrolle	mg Maltose	% der Kontrolle
Kontrollversuch	70,5	100	71,8	100
Phosphatpuffer P_H =				
5,53	72,5	103	71,1	99
5,82	76,0	108	77,3	108
6,10	78,0	111	78,8	110
6,40	75,3	107	83,5	116
6,70	80,0	113	84,2	117
7,00	82,1	116	84,2	117
7,30	82,9	118	82,9	115
7,70	79,4	112	82,9	115
8,00	80,6	114	82,9	115
8,30	79,4	112	82,2	114
9,50	8,3	12	8,3	12
10,97	0,7	1	2,8	4
11,29	0,7	1	3,4	5
11,54	0,7	1	2,8	4
11,77	1,4	2	2,8	4
12,06	0,7	1	2,1	3

Tabelle 5 und 6. Im Gegensatz zu den tierischen Diastasen ist die Zone der starken Verzuckerung bei der Malzamylase ohne NaCl-Zusatz erheblich verbreitert. Selbst bei einem PH von 8,13 ist die Hemmung nur sehr gering. Bei PH = 9,5 ist die Zuckerbildung fast erloschen. Die optimale Reaktion liegt bei PH = 6.40. Mit genügender Genauigkeit läßt sich dieser Wert nicht angeben, da die Unterschiede in den Maltosewerten fast innerhalb der Fehlergrenzen der Methode fallen. Setzt man der Phosphatpufferlösung gleichzeitig Kochsalz zu, so wird die optimale Zone nicht wie bei tierischen Diastasen verbreitert, sondern sogar erheblich eingeschränkt. Sie umfaßt jetzt nur noch die Zone PH = 4,5

Tabelle 5 Diastase (ohne Kochsalz)

	mg Maltose	% der Kontrolle	mg Maltose	% der Kontrolle
Kontrollversuch	91,8	100	91,8	100
Phosphatpuffer P_H =				
4,53	88,3	96	90,4	98
5,35	89,0	97	89,8	98
5,53	92,5	101	91,0	99
5,65	92,5	101	92,5	101
5,82	92,5	101	91,8	100
5,94	91,8	100	91,0	99
6,10	91,8	100	91,8	100
6,22	91,0	99	91,0	99
6,40	93,8	103	91,8	100
6,53	89,6	98	92,5	101
6,70	89,6	98	89,8	98
6,82	89,6	98	92,5	101
7,00	89,6	98	88,4	96
7,13	89,6	98	89,0	97
7,30	87,6	95	91,8	100
7,46	87,6	95	90,4	98
7,70	87,6	95	85,6	93
7,82	86,1	94	86,3	94
8,00	87,6	95	86,3	94
8,13	83,4	91	85,6	93
8,30	71,0	77	88,4	75
9,50	6,2	7	9,0	10
10,97	2,8	3	3,5	4
11,29	2,8	3	1,4	2
11,54	3,5	4	2,8	3
11,77	2,1	2	1,4	2

bis 6,4 ohne ein starkes Optimum. Betrachtet man die von anderen Autoren angegebenen Optima, so zeigt sich, daß sie sämtlich innerhalb der von uns gefundenen optimalen Zone liegen. Hervorzuheben ist noch, daß Zusatz von NaCl die Verzuckerung innerhalb des Bereiches PH = 4,5—6,4 z. T. erheblich beschleunigt, bei höherem PH dagegen stark verschlechtert. Bei den tierischen Diastasen findet sich diese Verschlechterung bei höherem PH nicht. Hier ist durch die Schutzwirkung des NaCl die Zone stark verbreitert. Bei sehr hohem PH bleibt die Malzdiastase bei Kochsalzgegenwart wirksam, nicht aber die tierischen Diastasen.

Tabelle 6 Diastase (mit Kochsalz)

	mg Maltose	% der Kontrolle	mg Maltose	% der Kontrolle
Kontrollversuch	33,8	100	39,4	100
Phosphatpuffer P_H =				
4,53	48,3	143	51,0	130
5,35	51,1	151	51,0	130
5,53	49,6	147	52,4	133
5,64	49,6	147	53,1	135
5,82	46,2	136	53,1	135
5,94	44,8	133	47,6	121
6,10	41,4	122	46,9	119
6,22	35,9	106	47,6	121
6,40	33,1	98	46,9	119
6,53	31,7	93	39,3	100
6,70	28,9	85	36,5	93
6,82	27,6	81	34,5	88
7,00	26,9	80	30,3	77
7,13	30,4	90	31,0	79
7,30	24,1	71	29,6	75
7,46	24,1	71	26,9	68
7,70	22,8	68	25,5	65
7,82	22,8	68	26,9	68
8,00	24,8	73	26,2	67
8,13	24,8	73	28,3	72
8,30	22,8	68	26,9	68
9,50	23,4	69	26,2	67
10,97	23,4	69	25,5	65
11,29	22,8	68	26,9	68
11,54	22,8	68	26,2	67
11,77	22,8	68	26,2	67

Tabelle 7—9. Bei Verwendung des Acetat-Veronalpuffers ergeben sich vollkommen andere Optima der Reaktion. Die stärkste Verzuckerung findet hier bei alkalischer Reaktion statt. Das Optimum liegt für alle Diastasen bei einem PH von ca. 8,0, also der Reaktion des Darmsaftes entsprechend. Mit zunehmender Säuerung läßt die Zuckerbildung schnell nach und ist bei PH = 6 nur noch sehr gering. Dieses Verhalten ist umso auffallender, als bei Verwendung von Phosphatpuffer gerade in diesem PH-Bereich die Verzuckerung besonders schnell verläuft.

Tabelle 7 Speichel

	mg Maltose	% der Kontrolle	mg Maltose	% der Kontrolle
Kontrollversuch	82,1	100	93,9	100
Acetat-Veronal P_H =				
2,62	7,6	9	4,8	5
3,20	8,3	10	6,2	7
3,62	2,6	9	8,3	9
3,88	6,9	8	7,6	8
4,13	6,9	8	6,2	7
4,33	6,9	8	4,8	5
4,66	7,6	9	6,2	7
4,93	8,3	10	6,9	7
5,12	9,0	11	5,5	6
5,32	5,5	7	4,8	5
5,72	8,3	10	6,2	7
6,12	5,5	7	6,2	7
6,43	6,2	8	8,3	9
6,75	15,9	19	10,3	11
6,99	55,2	63	53,8	57
7,25	72,4	88	79,4	85
7,42	80,1	97	94,7	101
7,66	87,0	106	96,7	103
7,90	87,6	107	96,0	102
8,18	87,6	107	96,0	102
8,55	88,3	107	93,9	100
8,68	89,7	109	91,2	97
8,90	88,3	107	88,4	94
9,16	85,6	104	89,1	95
9,64	72,4	88	91,2	97

Der Unterschied zwischen der Wirkung des Phosphatpuffers und Acetat-Veronalpuffers dürfte wohl auf einer stark fermentschädigenden Wirkung der freien Diäthylbarbitursäure beruhen, die umso mehr gebildet wird, je saurer der Puffer ist. Da diese Annahme zu Recht besteht, indem wir am Reaktionsoptimum der Diastasen nicht zweifeln können, ist der Acetat-Veronalpuffer für die Untersuchung der Diastasewirkung ungeeignet.

Tabelle 8 Pankreatin

	mg Maltose	% der Kontrolle	mg Maltose	% der Kontrolle
Kontrollversuch	66,2	100	82,5	100
Acetat-Veronal P_H =				
2,62	12,4	19	16,6	20
3,20	12,4	19	17,3	21
3,62	11,7	18	17,3	21
3,88	11,7	18	15,9	19
4,13	10,3	16	15,9	19
4,33	10,3	16	14,5	17
4,66	9,7	15	15,9	19
4,93	10,3	16	19,3	23
5,12	9,7	15	16,6	20
5,32	9,7	15	14,5	17
5,72	9,7	15	11,7	14
6,20	11,0	17	12,8	15
6,43	11,7	18	18,6	22
6,75	15,8	24	26,9	32
6,99	24,2	26	34,5	41
7,25	27,6	42	44 2	53
7,42	33,1	50	53,9	65
7,66	58,6	89	78,8	94
7,90	62,1	94	82,1	98
8,18	64,9	98	83,5	100
8,55	60,7	92	80,8	97
8,68	58,6	89	78,8	94
8,90	54,5	82	75,9	91
9,16	49,0	74	68,2	82
9,64	45,5	69	61,4	74

Tabelle 9 Diastase

	mg Maltose	% der Kontrolle
Kontrollversuch	49,6	100
Acetat-Veronal P_H =		
2,62	2,1	4
3,20	2,8	6
3,62	4,1	8
3,88	2,8	6
4,13	4,8	10
4,33	2,8	6
4,66	3,4	7
4,93	3,4	7
5,12	1,4	3
5,32	2,8	6
5,72	0,7	1
6,12	0,7	1
6,43	15,8	32
6,75	34,5	70
6,99	53,6	108
7,25	55,2	111
7,42	59,4	119
7,66	57,2	115
7,90	83,0	167
8,18	82,2	165
8,55	68,4	137
8,68	63,4	127
8,90	57,1	115
9,16	22,8	46
9,64	19,6	39

Zusammenfassung.

Es wurde die optimale Wasserstoffionenkonzentration für die Wirkung diastatischer Fermente (nicht dialysierte Speichel-, Pankreas- und Malzdiastase) unter Benutzung von Phosphat- und Acetat-Veronalpuffern untersucht.

Nur dialysierte (salzfreie) diastatische Fermente besitzen ein scharfes Wirkungsoptimum, während es bei ungereinigten Diastasen sehr breit ist. NaCl-Zusatz verbreitert die optimale Zone bei den tierischen Diastasen noch weiter, engt sie bei pflanzlichen Diastasen dagegen stark ein. Acetat-Veronalpuffer ist für Untersuchungen der Diastasewirkung ungeeignet.

Lebenslauf.

Ich bin geboren am 10. 9. 1909 zu Hagen i. W. als Sohn des Oberpostmeisters Franz Kaiser. Mit 6 Jahren kam ich in Schwerte-Ruhr in die Volksschule, die ich dort drei Jahre besuchte. Dann schickten mich meine Eltern nach Wünnenberg (Westf.) zu meinem Onkel, dem Pfarrer Josef Kaiser, der mich bis zu meinem 14. Lebensjahre erzog und in den humanistischen Fächern unterrichtete. Nebenher besuchte ich die Volksschule. Nachdem ich an dem Realgymnasium in Schwerte die Aufnahmeprüfung O III bestanden hatte, absolvierte ich dort und danach in Gevelsberg die weiteren Klassen bis zur Reifeprüfung. Dann wandte ich mich dem Studium der Zahnheilkunde zu. Ich studierte in Köln, Bonn und Münster. Mein Staatsexamen bestand ich 1931 in Münster. Seit 1932 bin ich als praktischer Zahnarzt in Havixbeck (Westf.) in eigener Praxis tätig.

P. Kaiser.